

Bones 骨骼

前言

- 活的骨是強有力的組織。
- 骨骼為人類執行兩個重要的機械功能：第一，它提供堅固的骨骼架構他支撐及保護其他身體組織，第二，它是一個堅固的槓桿系統，它經由附著肌肉的力可以移動。
- 骨質疏鬆是反常的高多孔性骨會威脅健全的骨骼系統，因此現代運動的作用中維持適當的骨格健康及礦化作用已經成為重要的研究主題。



Bones

The Biomechanics of bone growth and development

- Mechanical loads on bones 骨骼上的機械負荷
- Properties and structure of bone tissue 骨骼組織的特性與構造
- Bone growth and development 骨骼成長與發達
- Bone response to stress 骨骼對壓力的反應
- Common bone injuries 一般的骨骼傷害

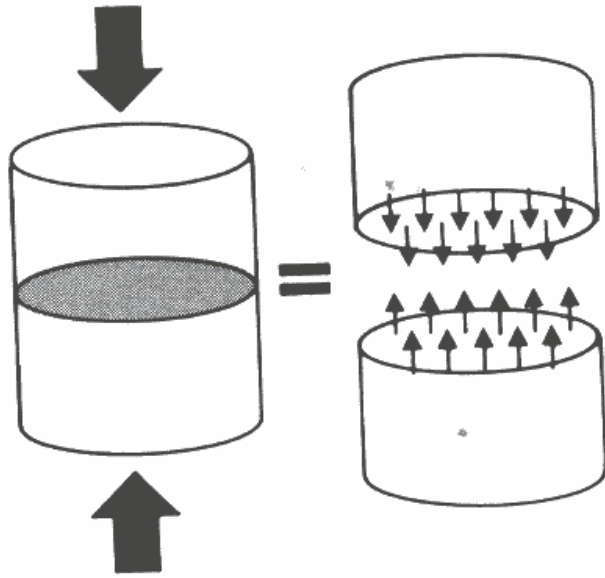
Mechanical loads on bones

- 力以不同的方式作用在骨骼上，肌肉力量、重力及滑雪意外時對抗骨骼破壞的力都對骨骼有不同的影響，主要是力作用在骨骼上的方向，力可以依其作用在物體上的方向分成三類。
- Compression 壓力
- Tension 張力
- Shear 剪力

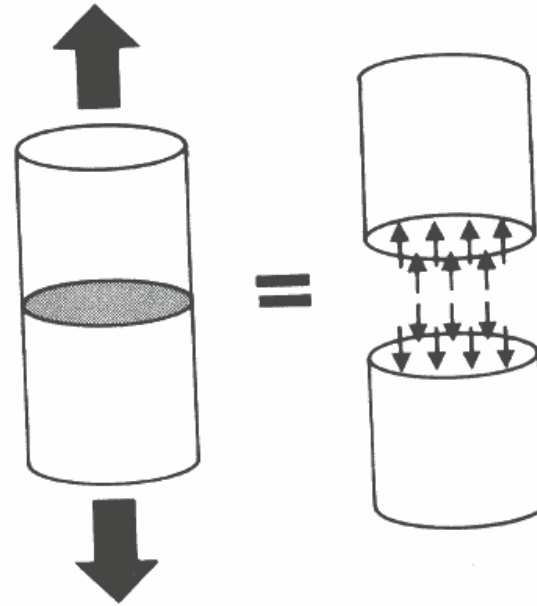
Compression, Tension, and Shear

壓力、張力及剪力

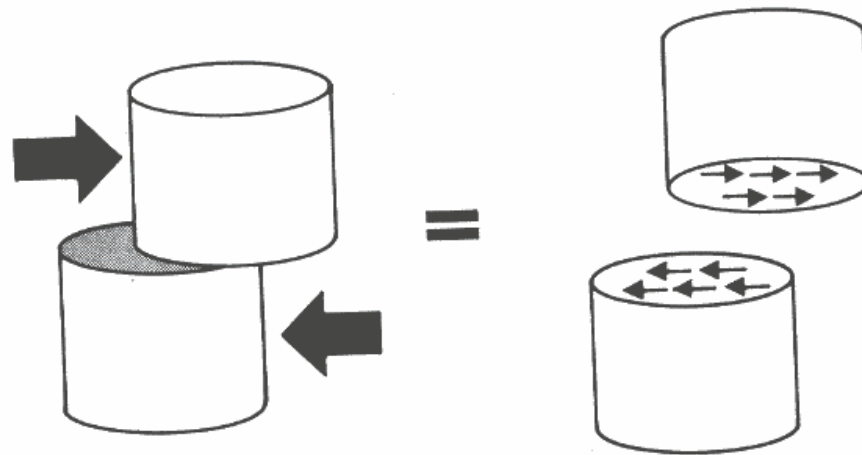
- 壓力可以想像成壓榨的力，身體的重量作用就像壓力作用在支撐身體的骨骼上一樣，每一個脊椎骨必須支撐在它之上的整個身體的重量。
- 張力是和壓力相對的力，張力是拉的力，張力作用在骨骼上當附著於其上的肌肉收縮或變短時。
- 剪力，壓力及張力作用沿著骨骼的長軸，剪力是作用於表面的平行線或正切線，剪力會導致物體的一部份滑動、移開原來的地方、和物體其他部分切斷，例如一個作用於膝關節方向和脛骨平台(tibial plateau)平行，就是在膝關節的剪力。在蹲下運動時膝的關節剪力在全蹲位置最大，最大應力位於韌帶和肌腱，因為它們要阻止大腿骨滑離脛骨平台。



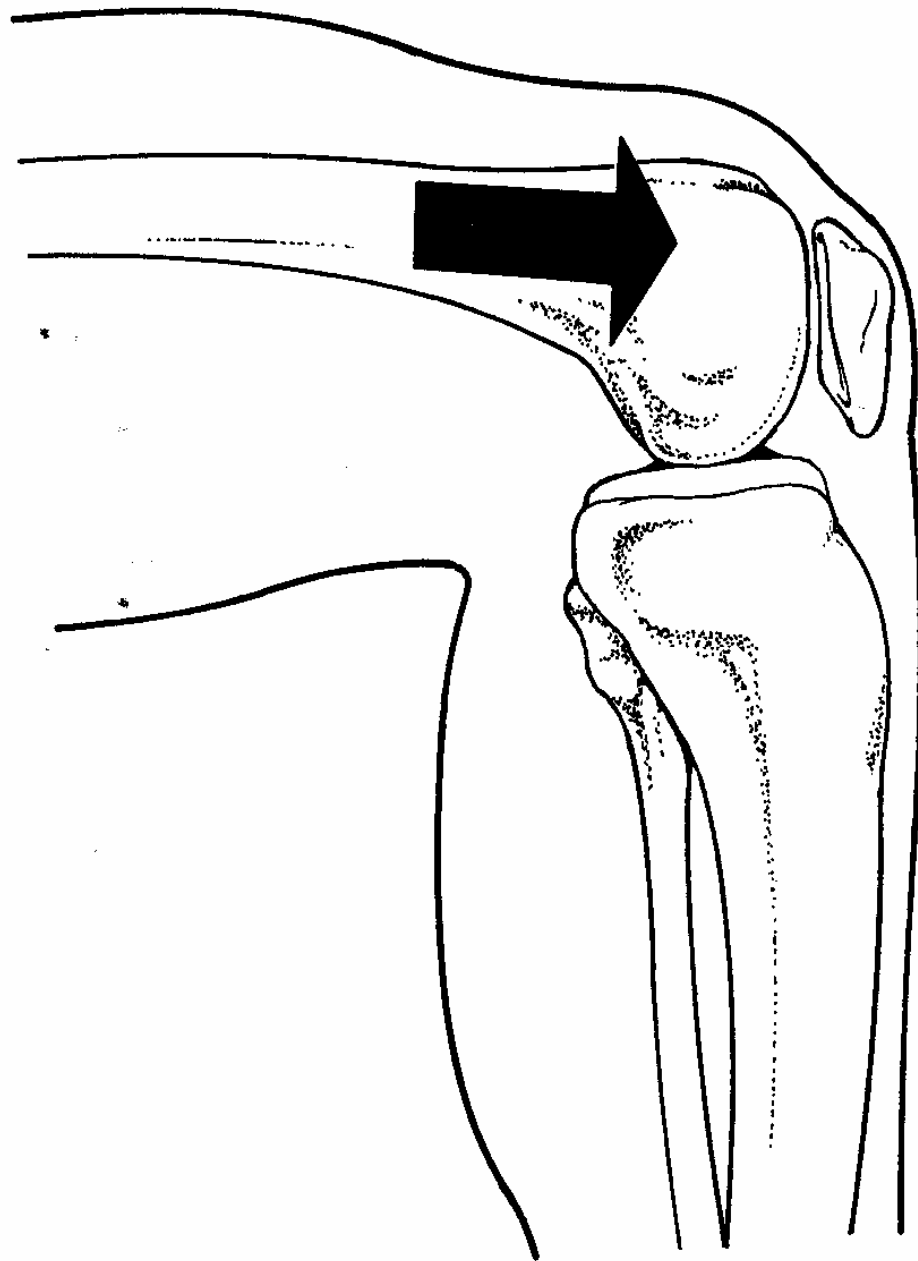
COMPRESSION



TENSION



SHEAR



Mechanical Stress

機械應力

- stress應力：表示身體內部力量分佈，定量為單位區域上的力。
- 力作用在小表面產生的應力大於較大表面。
- 當人在直立位置時腰椎比胸椎承受較多的體重，壓縮應力在腰椎部位應該較大，對總重量承受應力總量不是正好成比例的，因為腰椎的負荷承受表面區域是大於這些在脊柱中比他位置高的脊椎，這個增加表面區域就是要減少壓縮應力。

3



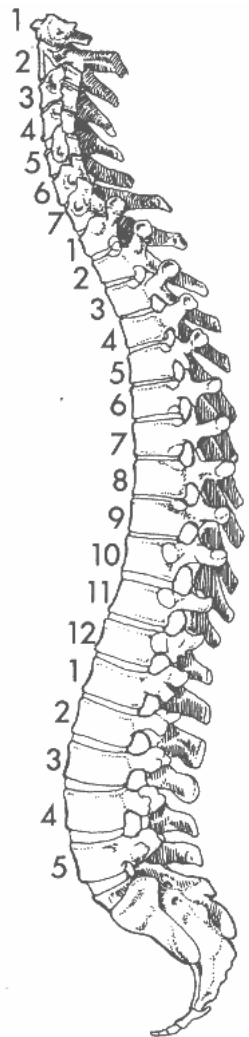
6



12



5



Cervical vertebrae

Thoracic vertebrae

Lumbar vertebrae

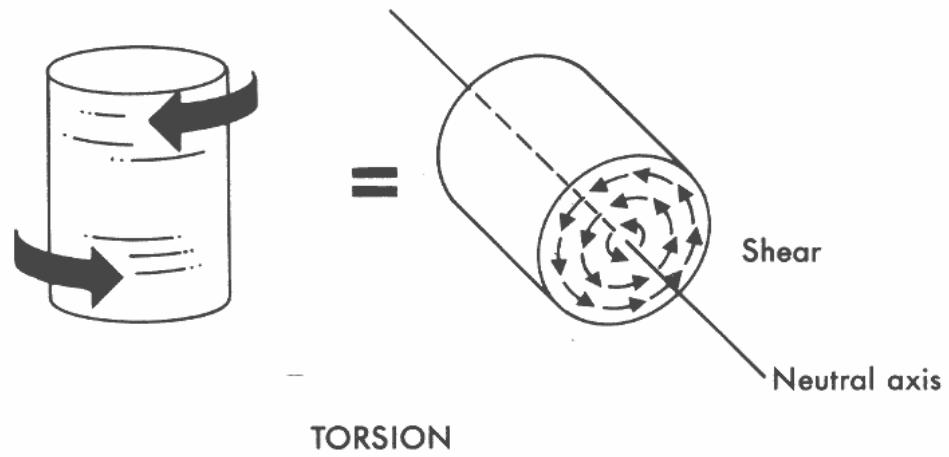
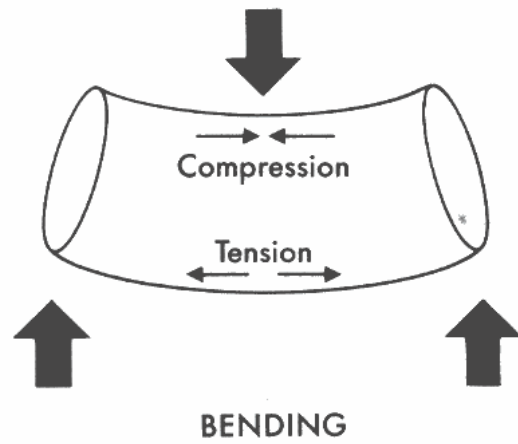
Sacrum

Coccyx

Torsion, bending, and Combined Loads

扭力、彎曲及聯合負荷

- Bending: 物體一邊受到壓縮力，另一邊則受到張力而產生彎曲。純壓力及張力都是軸向力，它們都是沿著骨骼的縱軸方向，當離心收縮或非軸向力應用到骨骼的一端，骨骼就產生彎曲，增加壓縮應力在骨的一側，對側則是張力。
- Torsion: 扭力的發生是當骨骼導致在縱軸發生扭轉，典型的是當骨的一端固定不動，就像美式足球及滑雪意外時脛骨扭力性骨折，是因為腳在一固定位置其他身體部位遭受扭轉。
- Combined Loads: 人體骨骼受到重力、肌肉力及其他力的同時作用。

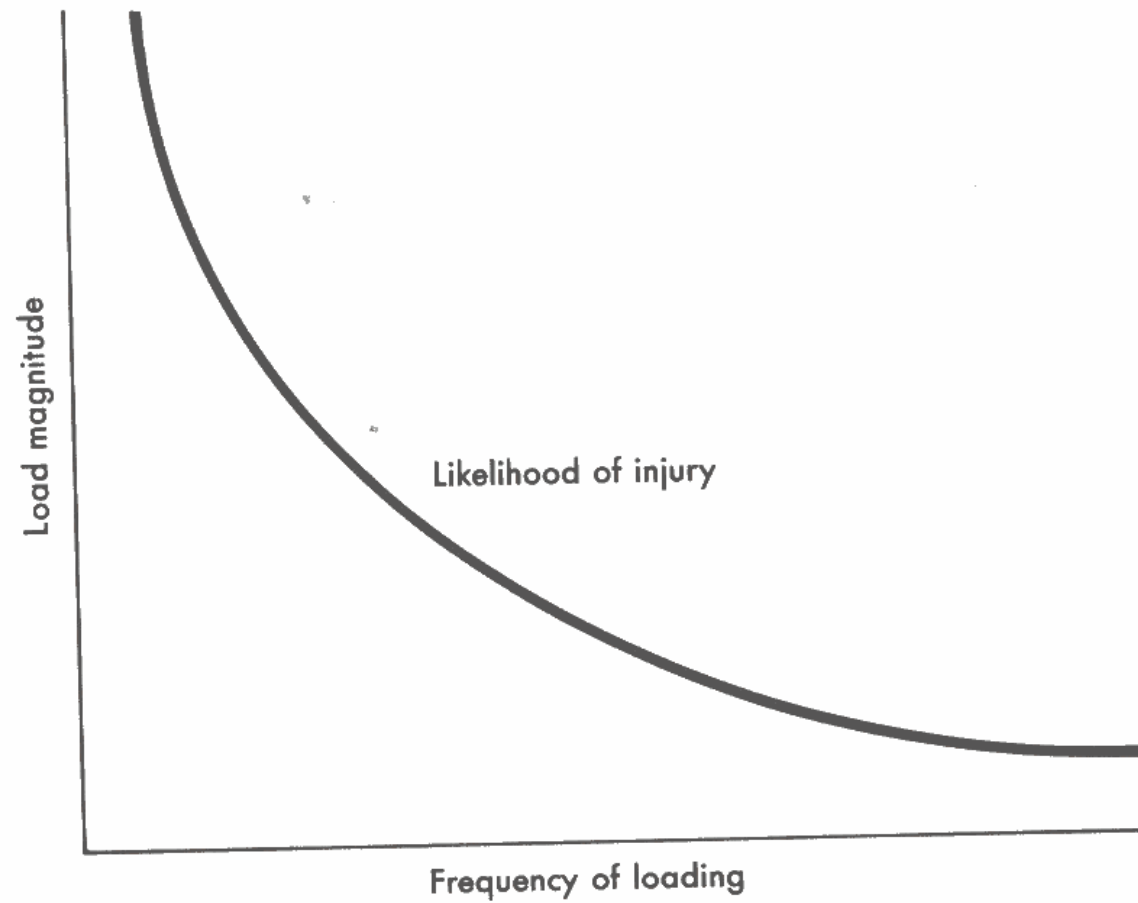


Repetitive versus traumatic loads

重複的相對外傷性的負荷

- Repetitive loading：傷害可以來自於反覆維持的小的力，例如在跑步時每次腳碰撞地面的力量大約體重的2-3倍，這個單一力量的量不足以導致一個健康的骨骼骨折，為數眾多這樣力的反覆是會導致骨折，反覆負荷導致骨折稱為疲勞骨折或稱為應力骨折。持續負荷的量、負荷頻率及傷害可能性的關係如圖
- traumatic loading：當單一力量足夠大到導致生物學組織的傷害這個力就被稱為外傷。這個力量的產生來自於跌倒、橄欖球的擒報並摔倒或車禍意外足以折斷骨骼。

持續負荷的量、負荷頻率及傷害可能性的關係圖



Properties and structure of bone tissue

骨骼組織的特性及構造

- Material constituentse構成要素
- Structural Organization結構組織
- Type of bone骨骼的類型

Material constituentse

構成要素

- 骨骼的主要基礎材料是鈣碳酸鹽(calcium carbonate)、鈣磷酸鹽(phosphate)、膠原(collagen)、水(water)這些成分的百分比依骨的年齡及健康狀況有所不同。
- 鈣碳酸鹽及鈣磷酸鹽一般構成約骨骼重量的60%-70%。這些礦物質提供骨骼硬度及壓縮強度。
- 膠原是蛋白質他提供骨骼彈性及張力強度。膠原在年輕兒童的骨骼比在成年人多。
- 骨骼的水成分約25%-30%的骨骼總重，在骨骼中水是骨骼強度的重要貢獻者。

Structural Organization

結構組織

- 骨骼礦物質的比例的不同不只和年齡有關也和骨骼在身體的為置有關。
- 有些人的骨骼比他人更多孔(porous)，骨骼的更多孔是較少比例的鈣磷酸鹽及鈣碳酸鹽和較高比例的非礦物質骨骼組織。
- 骨骼組織依多孔性做分類，如果多孔性是低的5%到30%的骨骼體積被非礦物質佔據，這組織就叫皮質骨(cortical bone)，骨骼組織有高多孔性30%到大於90%的骨骼體積被非礦物質佔據，就稱為海綿骨(spongy or cancellous bone)多數的人體骨骼有皮質骨為外層結構，有海綿骨組織在皮質骨裡面。
- 多孔性骨骼組織直接影響它的機械特性，皮質骨有較高的礦物質含量因此是較硬的所以它能抵抗較大的應力，但比海綿骨有較小的變形能力，海綿骨比皮質骨更負有彈性，它可以忍受更多的變形在骨折之前，大腿長骨含有高比例的強壯皮質骨，高海綿骨含量的脊椎提供它們的衝擊吸收能力。
- 骨骼結構大部分經由它們承受的自然力決定，骨小樑的方向orientation
- 骨骼是最強的在抵抗壓力應力(compressive stress)在抵抗剪力應力(shear stress)是最弱的。

- 人體的骨骼是由外層較密緻的皮質骨(cortical bone)或緻密骨(compact bone)和內層較鬆軟的海綿骨(cancellous bone)所共同構成。
- 皮質骨質地堅硬其內含有許多哈氏系統(Haversian system)。
- 海綿骨質地較為疏鬆,其內由許多骨小樑(trabecular bone)所構成,骨小樑間有很多孔隙狀似海綿故稱為海綿骨或小樑骨。
- 成人骨骼約有80%為皮質骨,20%則為海綿骨(trabecular bone, cancellous)。

Type of bone

骨骼的類型

Bone growth and development

活的骨骼是繼續不斷的改變在整個生命期，這些改變發生的原因是骨骼正常的成長(normal growth)和成熟(maturation)。

- Longitudinal growth長度的成長：骨骼長度成長的發生只因骨骼的生長中心，生長中心或生長板繼續不斷的產生新的骨細胞在它的中心面，當生長板停止產生細胞，通常在青春期間生長板消失，骨骼的長度成長端在18歲關閉生長點，有些人會到約25歲。
- Circumferential growth周圍的成長：骨骼在直徑的生長是整個生命期，雖然骨骼最快的生長發生在成人之前骨膜層(periosteum)內層的骨骼組織形成骨骼組織的向心層，同時骨骼再吸收骨骼內的骨髓腔周圍，不停地擴展骨髓腔，骨細胞負責(一)成骨細胞(osteoblasts)形成新的骨骼組織及(二)蝕骨細胞(osteoclasts)再吸收骨骼。成骨及蝕骨細胞的活動是平衡的，因此骨骼在成人是呈現維持不變的直到女人生命的第四十年，男人第六十年，骨骼的質量開始下降，這個骨質流失是老化過程不可避免的一部份或久坐生活方式的功能不完全。
mineralized

- 骨頭表面上有一層骨膜（periosteum），此層骨膜會與骨端之軟骨相連接，當骨端受壓力時，軟骨也受壓力往外突出，連帶著骨膜受刺激而產生發炎現象（inflammation），久了以後，在骨端邊緣形成不規則的隆凸，即骨刺（spur）。
- 骨膜 periosteum：覆蓋骨骼表面的一層緻密纖維膜。分2層：外層(纖維層)及內層(細胞層)。外層主要由膠原纖維組成，有神經纖維，故受傷時有痛感。又多血管，其分枝穿過骨質供應骨細胞，並經過福爾克曼氏管與哈弗斯氏管中的血管相連。骨膜內層含成骨細胞。在成骨作用非常旺盛的胚胎期及幼兒期，成骨細胞為數甚多。成年後數目減少，但仍保持著成骨的能力。若遇外傷便大量增殖，產生新骨以修復組織。骨膜內層有一些纖維穿入骨質，與血管共同將骨膜附著於骨質上。外傷如骨折後，創傷區周圍的骨膜血管出血，在骨碎片周圍形成血凝塊，48小時內成骨細胞大量增殖，骨膜內層的成骨細胞厚達數層。並開始分化，在骨折端之間形成新的骨質。骨骼表面除軟骨覆蓋的部位(如關節面)及肌腱、韌帶附著處以外，均有骨膜覆蓋。在肌腱與骨質相連的部位，骨膜常為纖維軟骨代替。顱骨內面的骨膜與保護腦髓的硬膜緊密結合，成為一體。

Bone response to stress

- Bone remodeling 骨骼的重新塑造
- Bone Hypertrophy 骨骼的肥大
- Bone Atrophy 骨骼的萎縮

Bone remodeling 骨骼的重新塑造

- 骨頭的再塑(remodeling)由兩種骨細胞所執行，一是蝕骨細胞(osteoclasts)：負責骨的破壞與再吸收；二是造骨細胞(osteoblasts)：負責骨的形成。
- 骨承受肌肉收縮所產生的外在力量，本身會產生反作用力。這些作用力會導致骨骼形狀的改變，改變的程度決定於所施予壓力的總和。骨骼承受負荷產生壓力，刺激內在和外在的骨產生再塑作用，造成其外型或是密度的改變，這種改變最後會達到一個新的平衡狀態。這種平衡現象很明確的說明運動訓練對於骨骼密度的特殊效果。因此，運動選手與經常進行身體活動者具備較大的骨質密度。

Bone Hypertrophy 骨骼的肥大

- 骨的肥大是由於施予骨骼上的壓力超過平的壓力水平，造骨的活動超過蝕骨的吸收，導致網狀骨質的增加。

Bone Atrophy 骨骼的萎縮

Common bone injuries

重要機械功能執行要透過骨骼，骨骼的健康是整體健康重要的一部份，骨骼的健康會因傷害及病理學而受損。

- Fractures 骨折
- Osteoporosis 骨質疏鬆

Fractures 骨折

- 撕裂 avulsions fractures :
- 粉碎 comminuted fractures :
- 疲勞 fatigue fractures :
- 不完整的骨折 Greenstick fractures :

Osteoporosis 骨質疏鬆

Summary

- 骨骼是一個重要而有趣的生物組織，他的機械功能是支撐及保護其他身體組織以及扮演像是堅固的槓桿系統使能夠經由附著的肌肉而被操作。
- 在活的有機體內部，骨骼易受到幾個類型的機械負荷，包括壓力、張力、剪力、彎曲力及扭力，在骨骼內的力量分佈稱為機械應力，應力的性質和量決定傷害生物體組織的可能性。
- 骨骼的機械特徵以它的材料構造及組織上的結構為基礎，礦物質提供了骨骼的硬度及壓力強度還有膠原提供了彈性及張力強度，皮質骨比海綿骨要硬要強，海綿骨有較大的衝擊能力。
- 骨骼是非常有活力的組織他一直不斷的重塑(remodel)，雖然骨骼長度的成長會到青春期腦上體生長板關閉，骨骼的直徑會繼續生長到整個生命期間。
- 透過活化成骨細胞及蝕骨細胞，骨骼也會因反應增加機械應力而變肥大，在缺乏機械應力中會萎縮。
- 骨質疏鬆是因經由過度的失去骨礦物質量及強度，在年長者之中非常常見它對女性的影響比男性早，雖然什麼原因導致骨質疏鬆仍未知，一個有規律的計畫重量承受運動能增加骨的礦化作用

問題

- 解釋為何人體骨骼強到可以抵抗壓力、張力及剪力？
- 實際在日常生活使用到壓力、張力、剪力的活動

參考文獻

The End

